

Persentase Tereduksi Penggunaan *Sequential Blasting* terhadap *Ground Vibration* pada Kegiatan Peledakan di Pit. Pinang A9, PT. Bukit Baiduri Energi, Provinsi Kalimantan Timur

Reduced Percentage of the Sequential Blasting use on Ground Vibration in Blasting Activities at Pit. Pinang A9, PT. Bukit Baiduri Energi, East Kalimantan Province

Rabin Daruis^{1*}, Revia Oktaviani², Agus Winarno², Windhu Nugroho²

Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman

**Email Korespondensi : rabindaruis38@gmail.com*

Email : revia.oktaviani@gmail.com

ABSTRAK

Kegiatan peledakan merupakan kegiatan pemberaian batuan yang membantu memudahkan pembongkaran dalam kegiatan penggalian. Pada PT. BBE masih melakukan kegiatan peledakan hingga saat ini dalam membantu memberaikan batuan yang ada dilokasi penambangan khususnya pada lokasi PIT. Pinang A9. Kegiatan peledakan sendiri memiliki dampak yang cukup membahayakan bagi lingkungan sekitar, salah satunya adalah getaran tanah yang mana dapat memberikan dampak cukup serius jika nilai getarannya cukup tinggi. Dalam upaya melakukan kegiatan ini masih didapati nilai getaran yang cukup tinggi dalam perhitungan teoritisnya dengan nilai rata-rata PPV nya adalah 1,68 mm/s. Kondisi batuan yang mendominasi pada lokasi kegiatan peledakan adalah batuan *claystone* dan batuan *sandstone* dimana untuk nilai kuat tekannya cukup lemah yaitu berada pada kategori lunak dengan nilai 8,49 hingga 16,28 Mpa. Sehingga dalam proses kegiatan ini diperlukan suatu solusi untuk meredam besar getaran yang ada, dalam hal ini PT. BBE memilih langkah dengan menggunakan solusi teknik *Sequential Blasting* dimana dalam penerapannya diberikan *Dummy Holes* sebagai penambah delay untuk membuat banyaknya lubang ledak menjadi kelompok-kelompok kecil saat meledak. Dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai PPV dengan penggunaan *Sequential Blasting* dan nilai yang tereduksi. Setelah dilakukannya aktivitas kegiatan peledakan didapatkan nilai PPV bisa berkurang cukup drastis dengan nilai rata-ratanya menjadi 0,46 mm/s dimana dalam hal ini teknik *Sequential Blasting* dapat mereduksi besarnya getaran hingga 69,55%.

Kata kunci: Geometri Peledakan, *Peak Particle Velocity*, *Sequential Blasting*, *Scaled Distance*

ABSTRACT

Blasting activity is a rock breaking activity that helps facilitate dismantling in excavation activities. At PT. BBE still carries out blasting activities to date in helping to break up the rocks in the mining location, especially at the PIT location. Pinang A9. Blasting activities themselves have quite dangerous impacts on the surrounding environment, one of which is ground vibration which can have quite serious impacts if the vibration value is high enough. In an effort to carry out this activity, a fairly high vibration value was still found in the theoretical calculation with an average PPV value of 1.68 mm / s. The rock conditions that dominate the blasting activity location are claystone and sandstone rocks where the compressive strength value is quite weak, which is in the soft category with a value of 8 to 16 Mpa. So in the process of this activity, a solution is needed to dampen the existing vibrations, in this case PT. BBE chose to use the Sequential Blasting technique solution where in its application Dummy Holes are given as an additional delay to make many blast holes into small groups when exploding. This research was conducted to determine the PPV value using sequential blasting and the reduced value. After the blasting activity was carried out, the PPV value was found to be reduced quite drastically with an average value of 0.46 mm/s, where in this case the Sequential Blasting technique can reduce the magnitude of vibration by up to 69.55%.

Keyword : *Blasting Geometry, Peak Particle Velocity, Sequential Blasting, Scaled Distance*

PENDAHULUAN

Koesnaryo (1988) berpendapat bahwa kegiatan peledakan yaitu suatu upaya pemberaian batuan dari batuan induk menggunakan bahan peledak^[9]. Kegiatan peledakan dilakukan bertujuan untuk memecah atau membongkar batuan yang keras pada kedudukan semula menjadi material lepas dengan ukuran fragmentasi tertentu, sehingga alat (*unit*) mudah untuk menggali^[14]. Bahan peledak dan kerja peledakan dalam arti yang

luas dapat dikatakan menyentuh banyak segi kehidupan manusia modern. Pembuatan jalan raya di tempat-tempat yang sulit, bendungan-bendungan raksasa dan sebagainya, didalamnya operasi peledakan berperan sangat penting. Jadi suatu bahan peledak dalam artian positif dapat dipandang sebagai sarana untuk menyelesaikan suatu tahap pekerjaan, baik dalam industri tambang, teknik sipil maupun kegiatan sejenis lainnya^[9].

Getaran tanah (*ground vibration*) adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi^[12]. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam atau non alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia, sumber energi non alam adalah salah satunya kegiatan peledakan^[4]. Getaran tanah (*ground vibration*) terjadi pada daerah elastis (*elastic zone*) sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume akan kembali ke keadaan semula setelah tak ada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang getaran^[10]. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi peledakan^[5].

Oleh sebab itu, diperlukan suatu analisis dengan teknik tertentu seperti metode *Sequential Blasting* yang akan berfungsi sebagai peredam besarnya getaran hasil peledakan dengan memanfaatkan waktu *perdelay*.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang bersifat terapan. Menurut Sugiyono (2008:14), metode penelitian kuantitatif didefinisikan sebagai "Metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian. Analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah diterapkan"^[13]. Selanjutnya, menurut A. Muri Yusuf (2005:102), metode penelitian terapan dilakukan secara sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian-penelitian yang telah pernah dilakukan^[1].

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua metode pengumpulan data, yaitu metode langsung (primer) dan metode tidak langsung (sekunder) yang dikumpulkan selama satu bulan, yaitu dari tanggal 5 Juni hingga 27 Juni 2025.

Metode Langsung (Primer)

Metode primer dilakukan melalui pengumpulan data langsung di lapangan dengan teknik sebagai berikut:

1. Pengukuran ini dilakukan untuk memperoleh data geometri peledakan yang meliputi:
 - Diameter Lubang Ledak (D) = 127 mm (5 inch)
 - Burden (B) = 6 m
 - Spacing (S) = 6 m
 - Stemming (T) = 3,38 m
 - Powder Column (PC) = 3,19 m
 - Subdrilling (J) = 0 m
2. Pengamatan dilakukan terhadap kondisi dan keadaan langsung di lapangan, khususnya untuk kegiatan peledakan. Data Ground Vibration diambil pada jarak 500 m, yang merupakan jarak pemukiman terdekat dengan lokasi peledakan.
3. Data jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi pengukuran diperoleh dengan menggunakan GPS untuk memastikan akurasi pengukuran.

Metode Tidak Langsung (Sekunder)

Metode sekunder dilakukan melalui studi pustaka dengan mengutip literatur dan lampiran dari data pustaka, instansi terkait, serta literature-literatur yang terkait. Data sekunder yang digunakan berupa Peta Situasi Tambang dan data Geologi Regional. Selain itu, juga digunakan data atau arsip perusahaan yang mendukung pekerjaan penelitian.

Teknik Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan dikelompokkan menurut kegunaannya dan digunakan untuk menghitung nilai *Scaled Distance* (SD), *Peak Particle Velocity* (PPV), dan persentase tereduksi PPV dengan cara sebagai berikut:

Perhitungan Powder Column (PC)

Perhitungan ini menggunakan data Diameter lubang 127 mm untuk mencari luas lubang, kemudian digunakan data *Specific Gravity* (SG) Bahan Peledak sebesar 0,82 g/cm³ sehingga diperoleh nilai loading density (de) sebesar 10,38 Kg/m. Selanjutnya, dari nilai loading density ini diolah dengan *Powder Column* untuk mendapatkan total berat bahan peledak dalam satu lubang, di mana Powder Column diperoleh dari kedalaman lubang ledak (H) dikurangi dengan Stemming (T).

Perhitungan Scaled Distance

Perhitungan ini menggunakan data jarak pengukuran 500 m dan berat total bahan peledak per waktu delay untuk setiap kegiatan peledakan. Jumlah lubang yang meledak bersamaan tidak boleh lebih dari 4 lubang mengingat kondisi batuan di lokasi peledakan adalah batuan lunak dengan kuat tekan batuan berkisar antara 8 Mpa hingga 16 Mpa.

Perhitungan Powder Factor

Menurut Bhandari Sushil (1997) *Powder Factor* (kadang-kadang juga disebut sebagai *Charge Factor*) adalah rasio antara berat total bahan peledak yang diledakkan dalam ledakan dibagi dengan jumlah batuan yang pecah. Biasanya dinyatakan sebagai Kg/ton atau Kg/m^3 . Perhitungan ini menggunakan data berat total bahan peledak dan total volume batuan yang diledakkan. Nilai hasil pengolahan data ini akan menjadi tolak ukur untuk berat total bahan peledak sebagai pemecah batuan, apakah terlalu besar atau kecil untuk dikaitkan dengan $PPV^{[3]}$.

Perhitungan Peak Particle Velocity

Perhitungan ini menggunakan data nilai konstanta sebesar 1140 menurut standar kondisi rata-rata di lapangan, nilai *Scaled Distance*, dan nilai eksponen batuan sebesar 1,6 sebagai bahan perhitungan untuk mendapatkan nilai PPV Teoritis.

Tahapan Penelitian

Setelah pengolahan data serta perhitungan selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah penarikan kesimpulan terhadap data yang telah diperoleh dan diolah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran getaran pada jarak 500 meter, akan dianalisis perbandingan untuk melihat apakah terjadi perubahan yang signifikan dalam membantu meredam besarnya hasil getaran.
2. Berdasarkan hasil analisis data, akan ditarik kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan dalam skripsi ini.

HASIL DAN ANALISIS

Kondisi Daerah Penelitian

Tempat dilakukannya penelitian dan pengamatan melalui kegiatan penambangan, pembongkaran lapisan tanah penutup (*overburden*) yang mana dalam prosesnya dilakukan kegiatan peledakan. Tahapan pada kegiatan penambangan dikerjakan menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*). Metode tambang terbuka merupakan sistem dimana lokasi penambangan ditambang ke arah bawah sehingga membentuk cekungan atau pit. Lokasi yang menjadi tempat kegiatan peledakan di lakukan pada Pit. Pinang A9 dengan susunan lapisannya mulai dari *claystone*, *sandstone*, dan *siltstone*, kondisi tampak atas lokasi penambangan dapat dilihat pada Gambar 1 dengan jarak batas aman manusia 500 meter dan 300 meter untuk alat. Litologi pada daerah penelitian sendiri didominasi oleh banyaknya *Sandstone* dan *Claystone*.



Gambar 1. Foto tampak atas Lokasi Penelitian

Kondisi Geologi

Menurut Balfas (2015) Batuan merupakan hasil kumpulan atau agregasi alamiah dari suatu atau lebih mineral, fosil, atau material lainnya yang merupakan bagian dari kerak bumi. Definisi secara umum batuan adalah campuran dari satu atau lebih mineral yang berbeda, tidak mempunyai komposisi kimia tetap. Tetapi, batuan tidak sama dengan tanah. Tanah dikenal sebagai material yang “*mobile*”, rapuh dan letaknya dekat dengan permukaan bumi^[2]. Menurut para ahli geoteknik, istilah batuan hanya untuk formasi yang keras dan

Persentase Tereduksi Penggunaan Sequential Blasting terhadap Ground Vibration pada Kegiatan Peledakan di Pit. Pinang A9, PT. Bukit Baiduri Energi, Provinsi Kalimantan Timur (Rabin Daruis, Revia Oktaviani, Agus Winarno, Windhu Nugroho)

padat dari kulit bumi yang merupakan suatu bahan yang keras dan koheren atau yang telah terkonsolidasi dan tidak dapat digali dengan cara biasa, misalnya dengan cangkul dan belincong. Batuan adalah suatu bahan yang terdiri mineral padat (*solid*) berupa massa yang berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen^[11].

Formasi batuan yang ada pada lokasi penelitian adalah Formasi Balikpapan dan Formasi Pulaubalang.

a) Formasi Balikpapan (*Claystone*)

Claystone pada formasi ini berwarna kelabu hingga hijau kecoklatan, berbutir sangat halus, padat, dan keras. Batuan ini memiliki sifat yang plastis dan liat karena mengandung lempung karbon *organic* dan *silica*. Batuan ini memiliki struktur yang berlapis dan laminasi, dengan komposisi mineral lempung yang tinggi dan kadar air yang signifikan.

b) Formasi Pulaubalang (*Sandstone*)

Sandstone pada formasi ini tersusun dari perselingan *Sandstone* dengan *Claystone* dan lanau, serta sisipan batubara, batu gamping, atau *Sandstone* gampingan. *Sandstone* ini memiliki warna kekuningan hingga coklat, berukuran butir pasir sedang, dengan struktur sedimen seperti siur.

Kekerasan adalah tahanan dari suatu bidang permukaan terhadap abrasi. Kekerasan dipakai untuk mengukur sifat-sifat teknis dari batuan dan dapat juga dipakai untuk menyatakan berapa besarnya tagangan yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan pada batuan. Klasifikasi kekerasan batuan dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tingkat Kekerasan Batuan (Jimeno, dkk, 1995)^[6]

Deskripsi Kekerasan	Kekerasan Skala Mohs	UCS (Mpa)
Sangat Keras	>7	>200
Keras	6-7	120-200
Keras Menengah	4,5-6	60-120
Cukup Lunak	3-4,5	30-60
Lunak	2-3	10-30
Sangat Lunak	1-2	<10

Batuan yang diledakan sebagai aktivitas pembeaian batuan adalah batuan berjenis *claystone* dengan rata-rata nilai UCS (Mpa) nya adalah 8,49 Mpa – 16,28 Mpa. Bila diklasifikasikan menurut Jimeno (1995) maka tingkat kekerasan batuan jenis ini berada di kategori lunak hingga sangat lunak^[6].

Pemboran Lubang Ledak

Dilakukannya pemboran menggunakan alat bor berjenis Furukawa HCR L100 dengan diameter bit sebesar 5 inch atau 127 mm. Alat ini memiliki kemampuan dimana untuk Furukawa HCR L100 sendiri bisa menggali lubang bor hingga kedalaman 7 meter sesuai dengan kebutuhan perusahaan dan untuk rata-rata kemampuan perhari pengeboran yang didapat oleh unit ini adalah sedalam 6,6 meter. Pola pemboran yang diterapkan pada lokasi peledakan sendiri adalah *Staggered Pattern* atau selang-seling, Berikut pada Gambar 2 tampak alat unit bor yang digunakan.

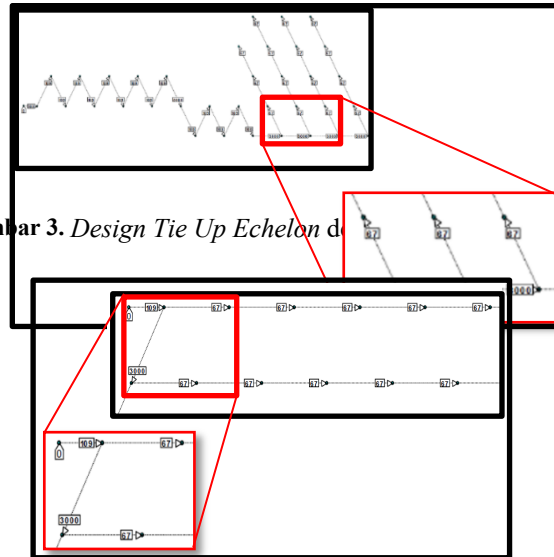


Gambar 2. Furukawa HCR L100

Pola Peledakan

Menurut Koesnaryo (2004) berpendapat bahwa pada peledakan adalah urutan waktu peledakan antar lubang ledak atau antar baris lubang ledak. Penentuan pola peledakan bergantung pada arah mana pergerakan material diharapkan^[8]. Pada kegiatan peledakan menggunakan pola atau rangkaian peledakan (*Design Tie Up*) *Echelon* dan *Row by Row* dengan menggunakan *surface delay* dengan *detonator* 67 MS, 109 MS, 1000 MS, 3000 MS dan 6000 MS serta *inhole delay* dengan *detonator* 1000 MS, 3000 MS, dan 6000 MS. Penerapan *Sequential Blasting* adalah dengan diadakannya *Dummy Holes* pada rakaian peledakan dengan diberikan *surface delay detonator* yang tinggi seperti 1000 MS, 3000 MS, dan 6000 MS. Hal ini dilakukan untuk memecah banyak lubang dalam kelompok besar menjadi kelompok-kelompok kecil saat diledakan yang mana berguna untuk memperkecil peluang terjadinya banyak lubang yang meledak bersamaan serta meredam

besarnya getaran yang ada. Berikut dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 tampak gambaran Rangkaian Peledakan (*Design Tie Up*) atau pola peledakan yang diterapkan pada lokasi peledakan.



Gambar 3. *Design Tie Up Echelon dan Row by Row*

Gambar 4. *Design Tie Up Row by Row*

Geometri Peledakan

Geometri peledakan adalah salah satu parameter yang sangat berperan penting dalam mendesign suatu perancangan peledakan untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang diinginkan. Geometri peledakan didapatkan dengan karakteristik material yang akan diledakan. Geometri peledakan yang diaplikasikan rata-rata saat ini apada *Burden*, *Spacing*, *Diameter Lubang ledak*, *berat bahan peledak per lubang ledak*, dan *jumlah lubang ledak*. Berikut pada Tabel 2 dan 3 yang menjadi parameter geometri peledakan selama 22 hari dan rincian geometri peledakan per tanggal, mulai dari tanggal 5 hingga 27 Juni 2025.

Tabel 2. Geometri Peledakan Tanggal 5 – 7 Juni 2025

No	Tanggal	D (mm)	B (m)	S (m)	T (m)	J (m)	PC (m)	H (m)
1.	05/06/2025	5”(127)	6	6	3,4	0	2,9	6,3
2.	07/06/2025	5”(127)	6	6	3,3	0	2,6	5,9
3.	08/06/2025	5”(127)	6	6	3,6	0	3,4	7,0
4.	09/06/2025	5”(127)	6	6	3,7	0	3,8	7,5
5.	10/06/2025	5”(127)	6	6	3,6	0	4,1	7,7
6.	11/06/2025	5”(127)	6	6	2,2	0	3,3	5,5
7.	12/06/2025	5”(127)	6	6	3,7	0	2,3	6,0
8.	13/06/2025	5”(127)	6	6	3,0	0	3,2	6,2
9.	14/06/2025	5”(127)	6	6	4,9	0	1,3	6,2
10.	15/06/2025	5”(127)	6	6	3,2	0	3,5	6,7
11.	16/06/2025	5”(127)	6	6	3,5	0	3,7	7,2
12.	17/06/2025	5”(127)	6	6	2,9	0	3,1	6,0
13.	18/06/2025	5”(127)	6	6	3,7	0	5,3	9,0
14.	19/06/2025	5”(127)	6	6	2,7	0	2,8	5,5
15.	20/06/2025	5”(127)	6	6	4,0	0	3,1	7,1
16.	21/06/2025	5”(127)	6	6	3,8	0	4,0	7,8
17.	22/06/2025	5”(127)	6	6	3,4	0	3,4	6,8
18.	23/06/2025	5”(127)	6	6	3,4	0	2,7	6,1
19.	24/06/2025	5”(127)	6	6	2,5	0	2,5	5,0
20.	25/06/2025	5”(127)	6	6	3,1	0	3,1	6,2
21.	26/06/2025	5”(127)	6	6	3,0	0	3,2	6,2
22.	27/06/2025	5”(127)	6	6	3,8	0	2,9	6,7

Tabel 3. Rata-Rata Geometri Peledakan

No.	Keterangan	Jarak
1	Diameter Lubang (D)	5''(127 mm)
2	Burden (B)	6 Meter
3	Spacing (S)	6 Meter
4	Stemming (T)	3,38 Meter
5	Subdrilling (J)	0 meter
6	Powder Coloum (PC)	3,19 meter
7	Kedalaman Lubang (H)	6,57 meter

Setelah dilakukan pengukuran geometri pada setiap tanggal, didapati kedalaman lubang yang bervariasi, hal ini dapat terjadi oleh karena disesuaikan dengan kondisi alat atau unit bor yang telah mendekati *expose* batubara sehingga dengan kedalaman yang berbeda-beda akan mempengaruhi banyaknya handak yang akan digunakan.

Scaled Distance (SD)

Dalam perhitungan SD (*Scaled Distance*) dibutuhkan dua data pengukuran, yaitu jarak dari lokasi peledakan ke tempat lokasi pengamatan dan data berat isian bahan peledak perwaktu delay. Berikut pada Tabel 4 data SD (*Scaled Distance*) dari hasil pengukuran.

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan *Scaled Distance*

No.	Tanggal	Jarak (D) m	Berat handak perlubang ledak (Kg)	Banyak Lubang yang meledak bersamaan (n)	Total Berat Handak yang meledak bersamaan (Kg)	SD (m/Kg)
1	05/06/2025	500	30,2	3	90,6	52,3
2	07/06/2025	500	26,7	5	133,5	43,27
3	08/06/2025	500	35,8	2	71,6	59,09
4	19/06/2025	500	39,7	2	79,4	56,11
5	10/06/2025	500	42,3	2	84,6	54,36
6	11/06/2025	500	34,6	1	69,2	60,11
7	12/06/2025	500	24,2	1	24,2	101,64
8	13/06/2025	500	33,3	2	66,6	61,27
9	14/06/2025	500	13,6	5	68	60,63
10	15/06/2025	500	36,1	2	72,2	58,84
11	16/06/2025	500	38,1	1	38,1	81
12	17/06/2025	500	31,7	1	31,7	88,81
13	18/06/2025	500	55,6	1	55,6	67,06
14	19/06/2025	500	29,1	1	58,2	65,54
15	20/06/2025	500	32,6	1	32,6	87,57
16	21/06/2025	500	41,1	2	82,2	55,15
17	22/06/2025	500	35,3	2	105,9	48,59
18	23/06/2025	500	28,2	2	84,6	54,36
19	24/06/2025	500	26,5	2	79,5	56,08
20	25/06/2025	500	31,7	3	95,1	51,27
21	26/06/2025	500	33,5	2	100,5	49,88
22	27/06/2025	500	29,8	2	89,4	52,88

Untuk data jarak sendiri berada pada jarak 500 m dan untuk berat handak perwaktu *delay* sendiri diketahui setelah pengolahan data pada tanggal 12 juni 2025 dapat dilihat bahwa selain dipengaruhi oleh berat handak berdasarkan dari banyaknya lubang ledak yang meledak bersamaan, semakin besar SD maka penggunaan handak juga akan semakin sedikit sehingga dapat mempengaruhi nilai getaran.

Peak Particle Velocity (PPV) Teoritis dan Aktual

Kegiatan pengukuran getaran tanah (*Ground Vibration*) dilakukan di Pit. Pinang A9. Masa lama pengukuran getaran tanah yang dikumpulkan ada 22 hari dengan jarak 500 meter. Jumlah lubang ledak bervariasi, dapat dilihat pada Tabel 5 perbandingan antara PPV Teoritis dengan PPV aktual dilakukan untuk mengetahui seberapa besar selisih diantara keduanya. Berikut merupakan hasil perhitungan PPV Teoritis dan pengamatan PPV aktual pada Pit. Pinang A9.

Tabel 5. Perbandingan PPV Teoritis dan PPV Aktual Pada Pit. Pinang A9

No.	Tanggal	Total Lubang (n)	PF (Kg/m ³)	SD (m/Kg)	PPV (mm/s) Teoritis	Banyak Sequential Blasting	PPV (mm/s) Aktual
1	05/06/2025	220	0,10	52,53	2,01	10	0,48
2	07/06/2025	285	0,11	43,27	2,75	23	0,50
3	08/06/2025	145	0,14	59,09	1,67	20	0,43
4	09/06/2025	160	0,12	56,11	1,81	13	0,48
5	10/06/2025	180	0,14	54,36	1,91	31	0,49
6	11/06/2025	110	0,14	60,11	1,62	13	0,46
7	12/06/2025	70	0,10	101,64	0,70	5	0,44
8	13/06/2025	140	0,13	61,27	1,58	8	0,46
9	14/06/2025	140	0,05	60,63	1,60	8	0,44
10	15/06/2025	170	0,14	58,84	1,68	24	0,48
11	16/06/2025	100	0,15	81,00	1,01	8	0,46
12	17/06/2025	80	0,13	88,81	0,87	9	0,44
13	18/06/2025	80	0,22	67,06	1,36	9	0,44
14	19/06/2025	106	0,10	65,64	1,41	6	0,46
15	20/06/2025	65	0,13	87,57	0,89	3	0,44
16	21/06/2025	170	0,16	55,15	1,86	11	0,48
17	22/06/2025	180	0,14	48,59	2,28	15	0,50
18	23/06/2025	150	0,11	54,36	1,91	7	0,43
19	24/06/2025	140	0,10	56,08	1,81	11	0,46
20	25/06/2025	200	0,13	51,27	2,09	11	0,47
21	26/06/2025	190	0,12	49,88	2,19	19	0,46
22	27/06/2025	160	0,12	52,88	1,99	13	0,48
Rata-rata					1,68	12	0,46

Dari hasil data pengukuran aktual di atas bisa dikatakan aman karena masih dibawah batas aman nilai PPV nya yaitu dibawah 3 mm/s menurut SNI 7571, dan untuk ketentuan standar dari pihak perusahaan juga tidak boleh lebih dari 2 mm/s. Secara standar untuk batas aman sudah cukup aman, namun getaran masih cukup terasa hingga lebih dari 500 m. Oleh karena itu, dibuatlah solusi dengan menerapkan *Sequential Blasting* yang mana dalam hal ini adalah diadakannya *Dummy Holes* pada rangkaian peledakan. Sehingga pada perhitungan teoritis memiliki perbedaan yang cukup signifikan dimana pada rata-rata data PPV aktual didapat nilai 0,46 dan pada PPV teoritis didapatkan nilai 1,68.

Sequential Blasting

Pada saat proses dilakukannya perhitungan diketahui bahwa pada tanggal 7, 22, dan 26 Juni 2025 memiliki nilai PPV yang cukup besar dengan nilai 1,68 mengingat batuan yang diledakan adalah batuan kategori lunak atau tidak terlalu keras yaitu 8 – 16 Mpa. Dikhawatirkan dengan nilai PPV teoritis yang cukup besar akan dapat menimbulkan getaran yang cukup terasa. Sehingga diperlukan suatu teknik khusus untuk meredam besarnya getaran atau menurunkan nilai PPV tersebut. Penggunaan teknik *Sequential Blasting* merupakan solusi yang diambil oleh PT. Bukit Baiduri Energi.

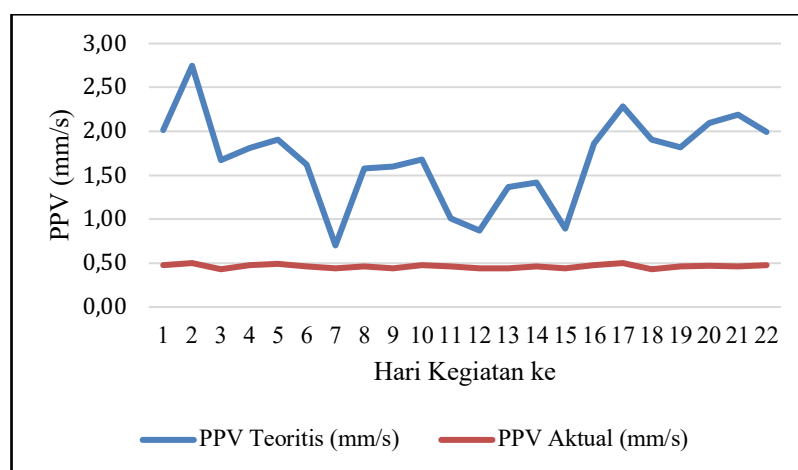
Tabel 6. Persentase Penurunan Nilai PPV

No.	Tanggal	Total Lubang plan	Total Lubang aktual	PPV Teoritis (mm/s)	PPV Aktual (mm/s)	Persentase Reduksi PPV (%)
1	05 Juni 2025	220	230	2,01	0,48	76,18
2	07 Juni 2025	285	308	2,75	0,50	81,80
3	08 Juni 2025	145	165	1,67	0,43	74,24
4	09 Juni 2025	160	173	1,81	0,48	73,53
5	10 Juni 2025	180	211	1,91	0,49	74,31
7	12 Juni 2025	70	75	0,70	0,44	37,22
8	13 Juni 2025	140	148	1,58	0,46	70,80
9	14 Juni 2025	140	148	1,60	0,44	72,53
10	15 Juni 2025	170	194	1,68	0,48	71,43
11	16 Juni 2025	100	108	1,01	0,46	54,35
12	17 Juni 2025	80	89	0,87	0,44	49,41
13	18 Juni 2025	80	89	1,36	0,44	67,73
14	19 Juni 2025	106	112	1,41	0,46	67,47
15	20 Juni 2025	65	68	0,89	0,44	50,53
16	21 Juni 2025	170	181	1,86	0,48	74,25
17	22 Juni 2025	180	195	2,28	0,50	78,10

Persentase Tereduksi Penggunaan Sequential Blasting terhadap Ground Vibration pada Kegiatan Peledakan di Pit. Pinang A9, PT. Bukit Baiduri Energi, Provinsi Kalimantan Timur (Rabin Daruis, Revia Oktaviani, Agus Winarno, Windhu Nugroho)

18	23 Juni 2025	150	157	1,91	0,43	77,46
19	24 Juni 2025	140	151	1,81	0,46	74,65
20	25 Juni 2025	200	211	2,09	0,47	77,56
21	26 Juni 2025	190	209	2,19	0,46	78,99
22	27 Juni 2025	160	173	1,99	0,48	75,92
Rata-rata				1,68	0,46	69,55

Setelah dilakukannya kegiatan peledakan dengan diterapkannya teknik *Sequential Blasting*, rata-rata PPV yang dihasilkan menjadi 0,46 mm/s. Didapatkan perbedaan yang cukup signifikan terutama pada tanggal 7, 22, dan 26 Juni 2025. Dimana hal ini memperlihatkan bahwa penggunaan cara teknik *Sequential Blasting* Di Pit. Pinang A9 dapat tereduksi hingga 69,55%. Hal ini dimungkinkan karena jumlah lubang *Dummy Holes* yang dibuat lebih banyak disbanding dengan kegiatan peledakan dihari lain. Data hasil perhitungan untuk dibandingkan dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perbandingan antara PPV aktual dan Teoritis

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Setelah diterapkannya teknik *Sequential Blasting* didapatkan nilai PPV < 0,50 mm/s pada jarak 500 meter, dari 22 data yang diukur didapat rata-rata PPV-nya adalah 0,46 mm/s.
- Setelah diterapkannya teknik *Sequential Blasting* diketahui getaran dapat tereduksi hingga 69,55%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen yang telah membimbing, mengarahkan serta memberi saran kepada penulis dalam penyusunan jurnal ini. Terima kasih juga kepada PT. Bukit Baiduri Eenergi yang telah mewadahi penulis selama melaksanakan penelitian serta kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Muri Yusuf, Metodologi Penelitian (Dasar-Dasar Penyelidikan Ilmiah). Padang: UNP Press, 2005.
- M. D. Balfas, Geologi Untuk Pertambangan Umum. Graha Ilmu: Yogyakarta, 2015.
- Bhandari Sushil. Engineering Rock Blasting Operations. A.A. Balkema Rotterdam/Bookfield : Netherlands, 1997.
- L. J. Carlos, L. J. Emilio, J. A. C. Francisco, and R. Yvonne Visser de, Drilling and Blasting of Rocks (1st ed.). London: Routledge, 1987. <https://doi.org/10.1201/9781315141435>
- S. R. Depari, "Kajian Biaya Operasi Pengeboran dan Peledakan Lapisan *Overburden* pada Operasi Penambangan Batubara Di PIT. A9 Karimata PT. Mitra Abadi Mahakam *Jobsite* PT. Bukit Baiduri Energi Provinsi Kalimantan Timur," Jurnal Teknik Pertambangan (JTP), vol. 25, no. 2, Agustus 2025, pp. 60 – 66, 2025. P-ISSN : 2087 – 1058, E-ISSN : 2988 – 7712
- C. L. Jimeno, E. L. Jimeno, and F. J. A. Carsedo, Drilling and Blasting of Rocks. A. A. Balkema : Netherlands, 1995.
- S. Koesnaryo, Teknik Peledakan Bahan peledak dan Metode Peledakan. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" : Yogyakarta, 1988.

-
- [8] S. Koesnaryo, *Praktek Tambang Terbuka*. Fakultas Tambang (UPN) "Veteran". Yogyakarta, 2004.
- [9] S. Koesnaryo, *Bahan Peledak dan Metode Peledakan*, Fakultas Tambang UPN "Veteran" Yogyakarta, 1988,
- [10] R. Maryura, M. T. Toha, dan D. Sudarmono, "Kajian Pengurangan Tingkat Getaran Tanah (*Ground Vibration Level*) Pada Operasi Peledakan *Interburden* B2-C Tambang Batubara Air Laya PT. Bukit Asam (Persero). Tbk Tanjung Enim, *Jurnal Ilmu Teknik*. vol. 2, no. 1, 2014.
- [11] A. M. Rai, S. Kramadibrata, dan K. R. Wattimena, *Mekanika Batuan*, ITB : Bandung, 2014.
- [12] Rudini, "Analisis Ground Vibration pada Peledakan Overburden di Panel 4 Pit J PT. Kaltim Prima Coal. Sangatta. Kalimantan Timur. *Thesis*, UPN "Veteran" 2013. Yogyakarta. <http://eprints.upnyk.ac.id/2555/1/Abstrak%20Rudini%20%28112080040%29.pdf>
- [13] Sugiono. 2008. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Alfabeta : Bandung.
- [14] K. S. Tjan, P. N. Hartami, dan T. T. Purwiyono, "Analisis Pengaruh Kelembapan Lubang Ledak Terhadap Fumes Hasil," *Indonesian Mining and Energy Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 28 – 35, 2021. <https://ejournal.trisakti.ac.id/index.php/imej/article/view/9184>